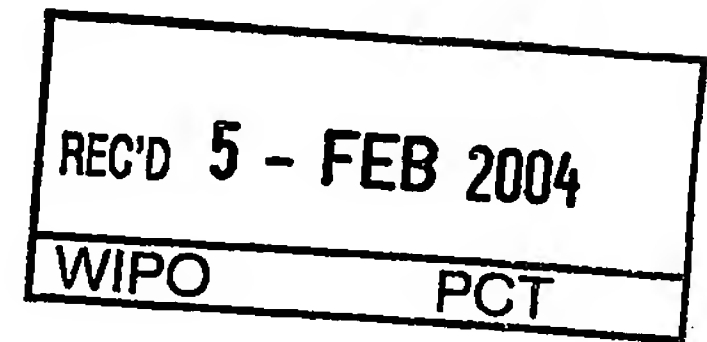


BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 60 734.6

Anmeldetag: 23. Dezember 2002

Anmelder/Inhaber: Outokumpu Oyi, Espoo/FI

Bezeichnung: Verfahren und Anlage zur Herstellung von Schwel-
koks

IPC: C 10 B 49/10

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 11. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schmidt G.

VERFAHREN UND ANLAGE ZUR HERSTELLUNG VON SCHWELKOKS

5

Technisches Gebiet

10

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herstellung von Schwelkoks, bei dem körnige Kohle und ggf. weitere Feststoffe in einem Reaktor mit Wirbelbett in Gegenwart eines sauerstoffhaltigen Gases auf eine Temperatur von 700 bis 1.050 °C erhitzt werden, sowie eine entsprechende Anlage.

15

Derartige Verfahren und Anlagen werden u.a. zur Herstellung von Schwelkoks oder zur Herstellung eines Gemisches aus Schwelkoks und Erzen, bspw. Eisenerzen, eingesetzt. In dem letztgenannten Fall wird dem Schwelreaktor neben körniger Kohle auch körniges Erz zugeführt. Der so hergestellte Schwelkoks bzw. das Gemisch aus Schwelkoks und Erz können dann bspw. in einem nachfolgenden Schmelzreduktionsprozess weiterverarbeitet werden.

20

25

30

Aus der DE 101 01 157 A1 ist ein Verfahren und eine Anlage zum Erzeugen eines heißen, körnigen Gemisches aus Eisenerz und Schwelkoks bekannt, bei dem körnige Kohle und vorgewärmtes Eisenerz einem Schwelreaktor aufgegeben werden und in dem durch Zufuhr von sauerstoffhaltigem Gas und durch partielle Oxidation der Bestandteile der Kohle Temperaturen im Bereich von 800 bis 1050 °C erzeugt werden, wobei die körnigen Feststoffe in wirbelnder Bewegung gehalten und aus dem oberen Bereich des Reaktors zu einem Feststoff-Abscheider geführt werden. Dabei kann der Schwelreaktor als Wirbelschichtreaktor ausgebildet sein, wobei offengelassen wird, ob das Verfahren mit einer stationären oder einer zirkulierenden Wirbelschicht durchgeführt werden kann. Um den Energiebedarf der Anlage möglichst gering zu halten, wird ferner vorgeschlagen, das Eisenerz vor der Zufuhr zu dem Schwelreaktor mit den heißen

Abgasen des Feststoff-Abscheiders vorzuwärmen. Allerdings ist die mit diesem Verfahren erzielbare Produktqualität, welche insbesondere von den Stoff- und Wärmeaustauschbedingungen abhängt, verbesserungsbedürftig. Dies liegt im Falle der stationären Wirbelschicht vor allem daran, dass, obwohl sehr lange Feststoffverweilzeiten einstellbar sind, der Stoff- und Wärmeaustausch aufgrund des vergleichsweise geringen Fluidisierungsgrades eher mäßig und staubiges Abgas, z.B. aus der Produktkühlung, schlecht in den Prozess integrierbar ist. Demgegenüber weisen zirkulierende Wirbelschichten aufgrund des höheren Fluidisierungsgrades bessere Stoff- und Wärmeaustauschbedingungen auf, sind jedoch wegen dieses höheren Fluidisierungsgrades hinsichtlich ihrer Verweilzeit beschränkt.

Beschreibung der Erfindung

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren zum Erzeugen von Schwelkoks zur Verfügung zu stellen, welches effizienter durchführbar ist und sich insbesondere durch eine gute Energieausnutzung auszeichnet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren der eingangs genannten Art gelöst, bei dem ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch ein Gaszufuhrrohr (Zentralrohr) in einen Wirbelmischkammerbereich des Reaktors eingeführt wird, wobei das Zentralrohr wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht umgeben wird, und die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht derart eingestellt werden, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Zentralrohr zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer zwischen 0,3 und 30 betragen.

Überraschenderweise lassen sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren bei der Wärmebehandlung die Vorteile einer stationären Wirbelschicht, wie ausreichend lange Feststoffverweilzeit, und die einer zirkulierenden Wirbelschicht, wie guter Stoff- und Wärmeaustausch, unter Vermeidung der Nachteile beider Systeme miteinander verbinden. Beim Passieren des oberen Bereichs des Zentralrohrs reißt das erste Gas bzw. Gasgemisch Feststoff aus dem ringförmigen stationären Wirbelbett, welches als Ringwirbelschicht bezeichnet wird, bis in die Wirbelmischkammer mit, wobei sich aufgrund der hohen Geschwindigkeitsunterschiede zwischen Feststoff und Gas eine intensiv durchmischte Suspension bildet und ein optimaler Wärmeaustausch zwischen den beiden Phasen erreicht wird.

Infolge der Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit des ersten Gases bzw. Gasgemisches nach Verlassen des Zentralrohrs und/oder infolge des Auftreffens auf eine der Reaktorwände fällt in der Wirbelmischkammer ein Großteil des Feststoffs aus der Suspension aus und in die stationäre Ringwirbelschicht zurück, während nur ein geringer Anteil an nicht ausfallendem Feststoff zusammen mit dem ersten Gas bzw. Gasgemisch aus der Wirbelmischkammer ausgetragen wird. Somit stellt sich zwischen den Reaktorbereichen der stationären Ringwirbelschicht und der Wirbelmischkammer eine Feststoffkreislaufströmung ein. Aufgrund der ausreichend langen Verweilzeit einerseits und des guten Stoff- und Wärmeaustauschs andererseits ergibt sich so eine gute Ausnutzung der in den Schwelreaktor eingebrachten Wärmeenergie und eine hervorragende Produktqualität. Ein weiterer Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht in der Möglichkeit, den Prozess ohne Einbuße bei der Produktqualität in Teillast zu betreiben.

Um einen besonders effektiven Stoff- und Wärmeaustausch in der Wirbelmischkammer und eine ausreichende Verweilzeit in dem Reaktor sicherzustellen, werden die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gasgemisches und des Fluidisie-

5 rungsgases für das Wirbelbett vorzugsweise derart eingestellt, dass die dimensionslose Partikel-Froude-Zahlen (Fr_p) in dem Zentralrohr 1,15 bis 20, in der Ringwirbelschicht 0,115 bis 1,15 und/oder in der Wirbelmischkammer 0,37 bis 3,7 betragen. Dabei sind die Partikel-Froude-Zahlen jeweils nach der folgenden Gleichung definiert:

$$Fr_p = \frac{u}{\sqrt{\frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_f} * d_p * g}}$$

mit

10

- u = effektive Geschwindigkeit der Gasströmung in m/s
- ρ_s = Dichte eines Feststoffpartikels in kg/m^3
- ρ_f = effektive Dichte des Fluidisierungsgases in kg/m^3
- d_p = mittlerer Durchmesser der beim Reaktorbetrieb vorliegenden Partikel des Reaktorinventars (bzw. der sich bildenden Teilchen) in m
- 15 g = Gravitationskonstante in m/s^2 .

15

20

25

Bei der Anwendung dieser Gleichung gilt zu berücksichtigen, dass d_p nicht die Korngröße (d_{50}) des dem Reaktor zugeführten Materials bezeichnet, sondern den mittleren Durchmesser des sich während des Betriebs des Reaktors bildenden Reaktorinventars, welcher von dem mittleren Durchmesser des eingesetzten Materials (Primärteilchen) signifikant in beide Richtungen abweichen kann. Aus sehr feinkörnigem Material mit einem mittleren Durchmesser von 3 bis 10 μm bilden sich bspw. während der Wärmebehandlung Teilchen (Sekundärteilchen) mit einer Korngröße von 20 bis 30 μm . Andererseits zerfallen manche Materialien, bspw. bestimmte Erze, während der Wärmebehandlung.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird vorgeschlagen, einen Teil des aus dem Reaktor ausgetragenen und in einem Abscheider, bspw. einem Zyklon, abgeschiedenen Feststoffs wieder in die Ringwirbelschicht zurückzuführen. Der Anteil des in die Ringwirbelschicht zurückgeführten Produktstromes wird dabei vorzugsweise in Abhängigkeit von dem Druckunterschied über der Wirbelmischkammer geregelt. In Abhängigkeit von der Feststoffzufuhr, der Körnung und der Gasgeschwindigkeit stellt sich in der Wirbelmischkammer ein Niveau ein, das durch die Splittung von Produktabzug aus der Ringwirbelschicht und aus dem Abscheider beeinflussbar ist

10

Um eine gute Fluidisierung der Kohle zu erreichen, wird dem Schwelreaktor als Ausgangsmaterial Kohle mit einer Korngröße von weniger als 10 mm, vorzugsweise weniger als 6 mm zugeführt.

15 Als besonders geeignete Ausgangsmaterialien für das erfindungsgemäße Verfahren haben sich hochflüchtige Kohlen, wie Braunkohle, erwiesen, welche ggf. auch wasserhaltig sein können.

20 Als Fluidisierungsgas wird dem Schwelreaktor vorzugsweise Luft zugeführt, wobei für diesen Zweck selbstverständlich auch alle anderen dem Fachmann zu diesem Zweck bekannten Gase bzw. Gasgemische verwendet werden können.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, den Schwelreaktor bei einem Druck von 0.8 bis 10 bar und besonders bevorzugt zwischen 2 und 7 bar zu betreiben.

25

Das erfindungsgemäße Verfahren ist nicht auf die Herstellung von Schwelkoks beschränkt, sondern kann gemäß einer besonderen Ausführungsform durch gleichzeitige Zufuhr von anderen Feststoffen zu dem Schwelreaktor, insbesondere von Erzen, bspw. von Eisenerzen, auch zur Herstellung eines Gemisches aus Erz und Schwelkoks eingesetzt werden. Als besonders geeignet hat sich

30

das erfindungsgemäße Verfahren zur Herstellung eines Gemisches aus Eisenerz und Schwelkoks erwiesen.

Bei dieser Ausführungsform wird das Eisenerz zweckmäßigerweise vor der Zufuhr zu dem Schwelreaktor zunächst in einer Vorwärmstufe, bestehend aus einem Wärmetauscher und einem nachgeschalteten Feststoff-Abscheider, bspw. einem Zyklon, vorgewärmt. Mit dieser Ausführungsform lassen sich Eisenerz-Schwelkoks-Gemische mit einem Fe : C - Gewichtsverhältnis von 1:1 bis 2:1 erzeugen.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird vorgeschlagen, das Eisenerz in dem Suspensionswärmetauscher durch Abgas aus einem dem Reaktor nachgeschalteten Zyklon aufzuwärmen. Auf diese Weise wird der Gesamtenergiebedarf des Prozesses weiter reduziert.

Des weiteren betrifft die vorliegende Erfindung eine Anlage, welche insbesondere zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens geeignet ist.

Erfindungsgemäß weist die Anlage einen als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor zur Schwelung von körniger Kohle und ggf. weiteren Feststoffen auf. In dem Reaktor ist ein sich bis in eine Wirbelmischkammer des Reaktors erstreckendes Gaszuführungssystem vorgesehen, welches derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszuführungssystem strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht, die das Gaszuführungssystem wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer mitreißt. Vorzugsweise erstreckt sich dieses Gaszuführungssystem bis in die Wirbelmischkammer. Es ist jedoch auch möglich, das Gaszuführungssystem unterhalb der Oberfläche der Ringwirbelschicht enden zu lassen. Das Gas wird dann bspw. über seitliche Öffnungen in die Ringwirbelschicht eingebracht, wobei es aufgrund seiner Strömungsgeschwindigkeit Feststoff aus der Ringwirbelschicht in die Wirbelmischkammer mitreißt.

Erfindungsgemäß weist das Gaszuführungssystem ein sich vom unteren Bereich des Reaktors im Wesentlichen vertikal nach oben vorzugsweise bis in die Wirbelmischkammer des Reaktors erstreckendes Gaszufuhrrohr (Zentralrohr) auf, welches wenigstens teilweise von einer Kammer umgeben ist, in der die stationäre Ringwirbelschicht ausgebildet ist. Das Zentralrohr kann an seiner Austrittsöffnung als Düse ausgebildet sein und eine oder mehrere verteilt angeordnete Öffnungen in seiner Mantelfläche aufweisen, so dass während des Reaktorbetriebs ständig Feststoff über die Öffnungen in das Zentralrohr gelangt und mit dem ersten Gas oder Gasgemisch durch das Zentralrohr bis in die Wirbelmischkammer mitgeführt wird. Selbstverständlich können in dem Reaktor auch zwei oder mehr Gaszufuhrrohre mit unterschiedlichen oder gleichen Ausmaßen vorgesehen sein. Vorzugsweise ist jedoch wenigstens eines der Gaszufuhrrohre, bezogen auf die Querschnittsfläche des Reaktors, in etwa mittig angeordnet.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform ist dem Reaktor ein Zyklon zur Abtrennung von Feststoffen nachgeschaltet.

Um eine zuverlässige Fluidisierung des Feststoffes und die Ausbildung einer stationären Wirbelschicht zu ermöglichen, ist in der ringförmigen Kammer des Schwelreaktors ein Gasverteiler vorgesehen, welcher die Kammer in eine obere Ringwirbelschicht und einen unteren Gasverteiler unterteilt, wobei der Gasverteiler mit einer Zufuhrleitung für Fluidisierungsgas und/oder gasförmigen Brennstoff verbunden ist. Der Gasverteiler kann als Gasverteilerkammer oder als aus Rohren und/oder Düsen aufgebauter Gasverteiler ausgebildet sein, wobei jeweils ein Teil der Düsen an eine Gaszufuhr für Fluidisierungsgas und ein anderer Teil der Düsen an eine davon getrennte Gaszufuhr von gasförmigem Brennstoff angeschlossen sein kann.

In Weiterbildung des Erfindungsgedankens wird vorgeschlagen, dem Schwelreaktor eine Vorwärmstufe bestehend aus einem Suspensionswärmetauscher und einem diesem nachgeschalteten Zyklon vorzuschalten.

5 In der Ringwirbelschicht und/oder der Wirbelmischkammer des Reaktors können erfindungsgemäß Einrichtungen zum Umlenken der Feststoff- und/oder Fluidströme vorgesehen sein. So ist es bspw. möglich, ein ringförmiges Wehr, dessen Durchmesser zwischen dem des Zentralrohrs und dem der Reaktorwand liegt, derart in der Ringwirbelschicht zu positionieren, dass die Oberkante des
10 Wehrs über das sich im Betrieb einstellende Feststoffniveau ragt, während die Unterkante des Wehrs im Abstand zu dem Gasverteiler oder dgl. angeordnet ist. Feststoffe, die in der Nähe der Reaktorwand aus der Wirbelmischkammer ausregnen, müssen so zunächst das Wehr an dessen Unterkante passieren, bevor sie von der Gasströmung des Zentralrohrs wieder in die Wirbelmischkammer
15 mitgerissen werden können. Auf diese Weise wird ein Feststoffaustausch in der Ringwirbelschicht erzwungen, so dass sich eine gleichmäßigere Verweilzeit des Feststoffs in der Ringwirbelschicht einstellt.

20 Weiterbildungen, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen und der Zeichnung. Dabei bilden alle beschriebenen und/oder bildlich dargestellten Merkmale für sich oder in beliebiger Kombination den Gegenstand der Erfindung, unabhängig von ihrer Zusammenfassung in den Ansprüchen oder deren Rückbeziehung.

25

Kurzbeschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt ein Prozessdiagramm eines Verfahrens und einer Anlage gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung;

30

Fig. 2 zeigt das Prozessdiagramm einer Anlage gemäß Fig. 1 mit einer Temperaturregelung des Reaktors;

Fig. 3 zeigt ein Prozessdiagramm eines Verfahrens und einer Anlage gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

Bei dem in Fig. 1 dargestellten Verfahren zur Herstellung von Schwelkoks ohne weitere Feststoffe wird über Leitung 1 feinkörnige Kohle mit einer Körngröße von weniger als 10 mm in den Schwelreaktor 2 chargiert. Der Reaktor 2 weist in seinem unteren zentralen Bereich ein vertikales Zentralrohr 3 auf, welches von einer im Querschnitt kreisringförmig ausgebildeten Kammer 4 umgeben ist. Die Kammer 4 wird durch einen Gasverteiler 5 in einen oberen und unteren Teil unterteilt. Während die untere Kammer als Gasverteilerkammer für Fluidisierungsgas fungiert, befindet sich in dem oberen Teil der Kammer ein stationäres Wirbelbett 6 (Ringwirbelschicht) aus fluidisierter Kohle, wobei das Wirbelbett ein wenig über das obere Mündungsende des Zentralrohrs 3 hinaus reicht.

Durch die Leitung 7 wird der Ringwirbelschicht 6 Luft als Fluidisierungsgas zugeführt, welche über die Gasverteilerkammer und den Gasverteiler 5 in den oberen Teil der kreisringförmigen Kammer 4 strömt und dort die zu schwelende Kohle unter Ausbildung einer stationären Wirbelschicht 6 fluidisiert. Die Geschwindigkeit der dem Reaktor 2 zugeführten Gase wird vorzugsweise so gewählt, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Ringwirbelschicht 6 zwischen 0,12 und 1 beträgt.

Durch das Zentralrohr 3 wird dem Schwelreaktor 2 ständig ebenfalls Luft zugeführt, welche nach Passieren des Zentralrohrs 3 über den Wirbelmischkammerbereich 8 und den oberen Kanal 9 in den Zyklon 10 strömt. Die Geschwindigkeit

des dem Reaktor 2 zugeführten Gases wird vorzugsweise so eingestellt, dass die Partikel-Froude-Zahl in dem Zentralrohr 3 zwischen 6 und 10 beträgt. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit reißt die durch das Zentralrohr 3 strömende Luft nach Passieren des oberen Mündungsbereichs Feststoff aus der stationären Ringwirbelschicht 6 in den Wirbelmischkammerbereich 8 mit, wo sich eine intensiv durchmischte Suspension ausbildet. Infolge der Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit durch die Expansion des Gasstrahls und/oder durch Auftreffen auf eine der Reaktorwände verlieren die mitgerissenen Feststoffe rasch an Geschwindigkeit und fallen wieder in die Ringwirbelschicht 6 zurück. Nur ein geringer Anteil an nicht ausfallendem Feststoff wird zusammen mit dem Gasstrom über den Kanal 9 aus dem Schwelreaktor 2 ausgetragen. Somit stellt sich zwischen den Reaktorbereichen der stationären Ringwirbelschicht 6 und der Wirbelmischkammer 8 eine Feststoffkreislaufströmung ein, durch welche ein guter Stoff- und Wärmeaustausch gewährleistet wird. Die Feststoffverweilzeit im Reaktor kann durch die Wahl von Höhe und Außendurchmesser der Ringwirbelschicht 6 in weiten Grenzen eingestellt werden. In dem Zyklon 10 abgeschiedener Feststoff wird über Leitung 11 in die Produktabfuhrleitung 12 eingespeist, während das noch heiße Abgas über Leitung 13 in einen weiteren Zyklon 14 geführt, dort von etwaigem restlichen Feststoff getrennt und über eine Abgasleitung 15 abgezogen wird. Im Zyklon 14 abgeschiedener Feststoff wird dem Reaktor 2 über Leitung 16 wieder zur Schwelung zugeführt.

Optional kann, wie in Fig. 1 dargestellt, ein Teil des aus dem Reaktor 2 ausgetragenen und in dem Zyklon 10 abgeschiedenen Feststoffs wieder in die Ringwirbelschicht 6 zurückgeführt werden. Der Anteil des in die Ringwirbelschicht 6 zurückgeführten Produktstromes lässt sich hierbei in Abhängigkeit von dem Druckunterschied über der Wirbelmischkammer 8 (Δp_{WMK}) regeln.

Die für die Schwelung erforderliche Prozesswärme wird durch partielle Oxidation der Bestandteile der Kohle gewonnen.

Aus der Ringwirbelschicht 6 wird dem Schwelreaktor 2 über eine Leitung 19 kontinuierlich ein Teil des Schwelkokes entnommen, mit dem von dem Zyklon 10 über die Leitung 11 abgeführten Produkt vermischt und über die Produktleitung 12 abgezogen.

Wie in Fig. 2 dargestellt, kann die Temperatur des Reaktors durch Variation des Volumenstroms der Fluidisierungsluft geregelt werden. Je mehr Sauerstoff (O_2) zugeführt wird, desto mehr Reaktionswärme entsteht, so dass sich eine höhere Temperatur im Reaktor einstellt. Vorzugsweise wird der Volumenstrom durch die Leitung 7 konstant gehalten, während der dem Zentralrohr 3 zugeführte Volumenstrom durch die Leitung 18, bspw. mit Hilfe eines Gebläses 22 mit Drallregler, variiert wird.

Im Unterschied zu der zuvor beschriebenen Vorrichtung weist die in Fig. 3 dargestellte Anlage, welche insbesondere zur Herstellung eines Gemisches aus Schwelkoks und Eisenerz geeignet ist, einen dem Reaktor 2 vorgeschalteten Suspensionswärmetauscher 20 auf, in dem durch Leitung 21 eingetragenes körniges Eisenerz, vorzugsweise durch Abgas aus dem dem Schwelreaktor 2 nachgeschaltetem Zyklon 10, suspendiert und aufgewärmt wird, bis ein Großteil der Oberflächenfeuchte des Erzes entfernt ist. Anschließend wird die Suspension durch den Gasstrom via Leitung 13 in den Zyklon 14 geführt, in dem das Eisenerz von dem Gas abgetrennt werden. Die abgeschiedenen vorgewärmten Feststoffe werden daraufhin durch Leitung 16 in den Schwelreaktor 2 chargiert.

Die in den Fig. 1 und 2 dargestellte druckgeregelter Teilrückführung und die Temperaturregelung lassen sich selbstverständlich auch bei der Anlage gemäß Fig. 3 einsetzen. Andererseits kann bei der Anlage gemäß Fig. 1 und 2 auch auf die Druck- und/oder Temperaturregelung verzichtet werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von zwei den Erfindungsgedanken demonstrierenden, diesen jedoch nicht einschränkenden Beispielen erläutert.

Beispiel 1 (Schwelung ohne Erzzugabe)

5

In einer der Fig. 1 entsprechenden Anlage wurde dem Schwelreaktor 2 über die Leitung 1 128 t/h Kohle mit einer Korngröße von weniger als 10 mm mit 25,4 Gew.-% flüchtigen Bestandteilen und 16 Gew.-% Feuchte zugeführt.

10 Durch die Leitungen 18 und 7 wurden in den Reaktor 2 68.000 Nm³/h Luft eingeführt, wobei diese auf die Leitungen 18 und Leitung 7 (Fluidisierungsgas) im Verhältnis 0,74 : 0,26 verteilt wurde. Die Temperatur im Schwelreaktor 2 betrug 900 °C.

15 Aus dem Reaktor 2 wurden über Leitung 12 64 t/h Schwelkoks abgezogen, welcher zu 88 Gew.-% aus Kohlenstoff und 12 Gew.-% Asche bestand. Ferner wurden über Leitung 15 157.000 Nm³/h Prozessgas mit einer Temperatur von 900 °C abgezogen, wobei dieses folgende Zusammensetzung aufwies:

| | |
|----|-------------------------|
| 11 | Vol.-% CO |
| 10 | Vol.-% CO ₂ |
| 24 | Vol.-% H ₂ O |
| 20 | Vol.-% H ₂ |
| 1 | Vol.-% CH ₄ |
| 34 | Vol.-% N ₂ . |

25

Beispiel 2 (Schwelung mit Erzzuvorwärmung)

30 In einer der Fig. 2 entsprechenden Anlage wurden 170 t/h Eisenerz über Leitung 21 dem Suspensionswärmeaustauscher 20 zugeführt und nach Abtrennung von

Gas in dem Zyklon 14 über die Leitung 16 in den Schwelreaktor 2 chargiert. Ferner wurden dem Reaktor 2 über die Leitung 1 170 t/h körnige Kohle mit 25,4 Gew.-% flüchtigen Bestandteilen und 17 Gew.-% Feuchte zugeführt.

5 Über die Leitungen 18 und 7 wurden in den Reaktor 2 114.000 Nm³/h Luft eingeführt, wobei diese auf die Leitungen 18 und 7 (Fluidisierungsgas) im Verhältnis 0,97 : 0,03 verteilt wurde. Die Temperatur im Schwelreaktor 2 wurde auf 950 °C eingestellt.

10 Aus dem Reaktor 2 wurden über Leitung 12 210 t/h eines Gemisches aus Schwelkoks und Eisenerz abgezogen, welches zu

| | | |
|----|----|---|
| | 16 | Gew.-% aus Fe ₂ O ₃ |
| | 49 | Gew.-% FeO |
| 15 | 28 | Gew.-% Kohlenstoff und |
| | 7 | Gew.-% Asche |

bestand.

Ferner wurden aus der Anlage über Leitung 15 225.000 Nm³/h Prozessgas mit einer Temperatur von 518 °C und folgender Zusammensetzung abgezogen:

| | | |
|----|----|-------------------------|
| | 11 | Vol.-% CO |
| | 11 | Vol.-% CO ₂ |
| 25 | 22 | Vol.-% H ₂ O |
| | 15 | Vol.-% H ₂ |
| | 1 | Vol.-% CH ₄ |
| | 40 | Vol.-% N ₂ . |

Bezugszeichenliste:

| | | |
|----|----|--------------------------------------|
| 5 | 1 | Feststoffleitung |
| | 2 | Schmelreaktor |
| | 3 | Gaszufuhrrohr (Zentralrohr) |
| | 4 | Ringkammer |
| | 5 | Gasverteiler |
| 10 | 6 | Ringwirbelschicht |
| | 7 | Zufuhrleitung für Fluidisierungsgas |
| | 8 | Wirbelmischkammer |
| | 9 | Kanal |
| | 10 | erster Zyklon |
| 15 | 11 | Feststoffabfuhrleitung |
| | 12 | Produktabfuhrleitung |
| | 13 | Leitung |
| | 14 | zweiter Zyklon |
| | 15 | Abgasleitung |
| | 16 | Zuleitung für vorgewärmten Feststoff |
| | 18 | Gasstromleitung |
| | 19 | Feststoffabfuhrleitung |
| | 20 | Suspensionswärmeaustauscher |
| | 21 | Zufuhrleitung für Erz |
| 25 | 22 | Gebläse |

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zur Herstellung von Schmelzkoks, bei dem körnige Kohle in einem Reaktor (2) mit Wirbelbett in Gegenwart eines sauerstoffhaltigen Gases auf eine Temperatur von 700 bis 1.050 °C erhitzt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch wenigstens ein Gaszufuhrrohr (3) in einen Wirbelmischkammerbereich (8) des Reaktors (2) eingeführt wird, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (6) umgeben wird, und dass die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht (6) derart eingestellt werden, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Gaszufuhrrohr (3) 10 zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht (6) zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer (8) zwischen 0,3 und 30 betragen.
- 15 2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1,15 und 20 beträgt.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Ringwirbelschicht (6) zwischen 0,115 und 1,15 beträgt.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Partikel-Froude-Zahl in der Wirbelmischkammer (8) zwischen 0,37 und 3,7 beträgt.
- 30 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Teil des aus dem Reaktor (2) ausgetragenen und in

einem Abscheider (10) abgeschiedenen Feststoffs wieder in die Ringwirbelschicht (6) zurückgeführt wird.

5 6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Anteil des in die Ringwirbelschicht (6) zurückgeführten Produktstromes in Abhängigkeit von dem Druckunterschied über der Wirbelmischkammer (8) geregelt wird.

10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (2) als Ausgangsmaterial Kohle mit einer Korngröße von weniger als 10 mm zugeführt werden.

15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (2) als Ausgangsmaterial hochflüchtige Kohle zugeführt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (2) als Fluidisierungsgas Luft zugeführt wird.

20 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck im Reaktor (2) zwischen 0.8 und 10 bar beträgt.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (2) zusätzlich Eisenerz zugeführt wird.

25 12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Eisenerz vor der Zufuhr zu dem Reaktor (2) vorgewärmt wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass man aus dem Reaktor (2) ein Produkt aus Eisenerz und Schwelkoks

abzieht, welches ein Gewichtsverhältnis von Eisen zu Kohlenstoff von 1:1 bis 2:1 aufweist.

5 14. Anlage zum Erzeugen von Schwelkoks, insbesondere zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13, mit einem als Wirbelschichtreaktor ausgebildeten Reaktor (2), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Reaktor (2) ein Gaszuführungssystem aufweist, welches derart ausgebildet ist, dass durch das Gaszuführungssystem strömendes Gas Feststoff aus einer stationären Ringwirbelschicht (6), die das Gaszuführungssystem wenigstens teilweise umgibt, in die Wirbelmischkammer (8) mitreißt.

15 15. Anlage nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszuführungssystem wenigstens ein sich im unteren Bereich des Reaktors (2) im Wesentlichen vertikal nach oben bis in die Wirbelmischkammer (8) des Reaktors (2) erstreckendes Gaszufuhrrohr (3) aufweist, wobei das Gaszufuhrrohr (3) von einer wenigstens teilweise ringförmig um das Gaszufuhrrohr (3) herumführenden Kammer, in der die stationäre Ringwirbelschicht (6) ausgebildet ist, umgeben ist.

20 16. Anlage nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gaszufuhrrohr (3), bezogen auf die Querschnittsfläche des Reaktors (2), in etwa mittig angeordnet ist.

25 17. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (2) ein Abscheider (10) zur Abtrennung von Feststoffen nachgeschaltet ist, welcher vorzugsweise eine zu der Ringwirbelschicht (6) des Reaktors (2) führende Feststoffrückföhrleitung (11a).

30 18. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der ringförmigen Kammer (4) des Reaktors (2) ein Gasverteiler (5) vor-

gesehen ist, welcher die Kammer (4) in einen oberen Wirbelbettbereich (6) und eine untere Gasverteilerkammer unterteilt, und dass die Gasverteilerkammer mit einer Zufuhrleitung (7) für Fluidisierungsgas verbunden ist.

- 5 19. Anlage nach einem der Ansprüche 14 bis 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass dem Reaktor (2) eine Vorwärmstufe bestehend aus einem Wärmetauscher (20) und einem Abscheider (14) vorgeschaltet ist.

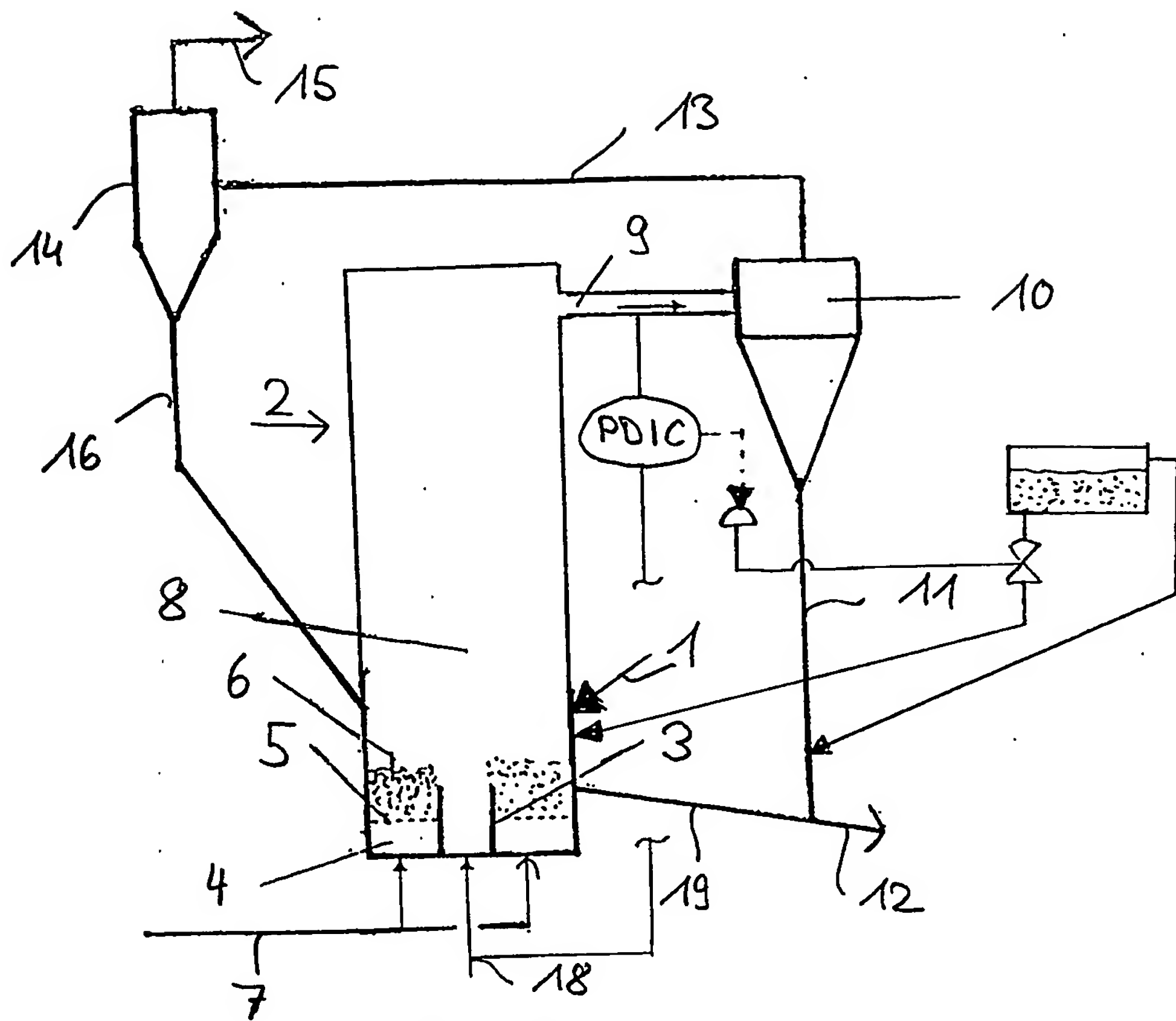


Fig. 1

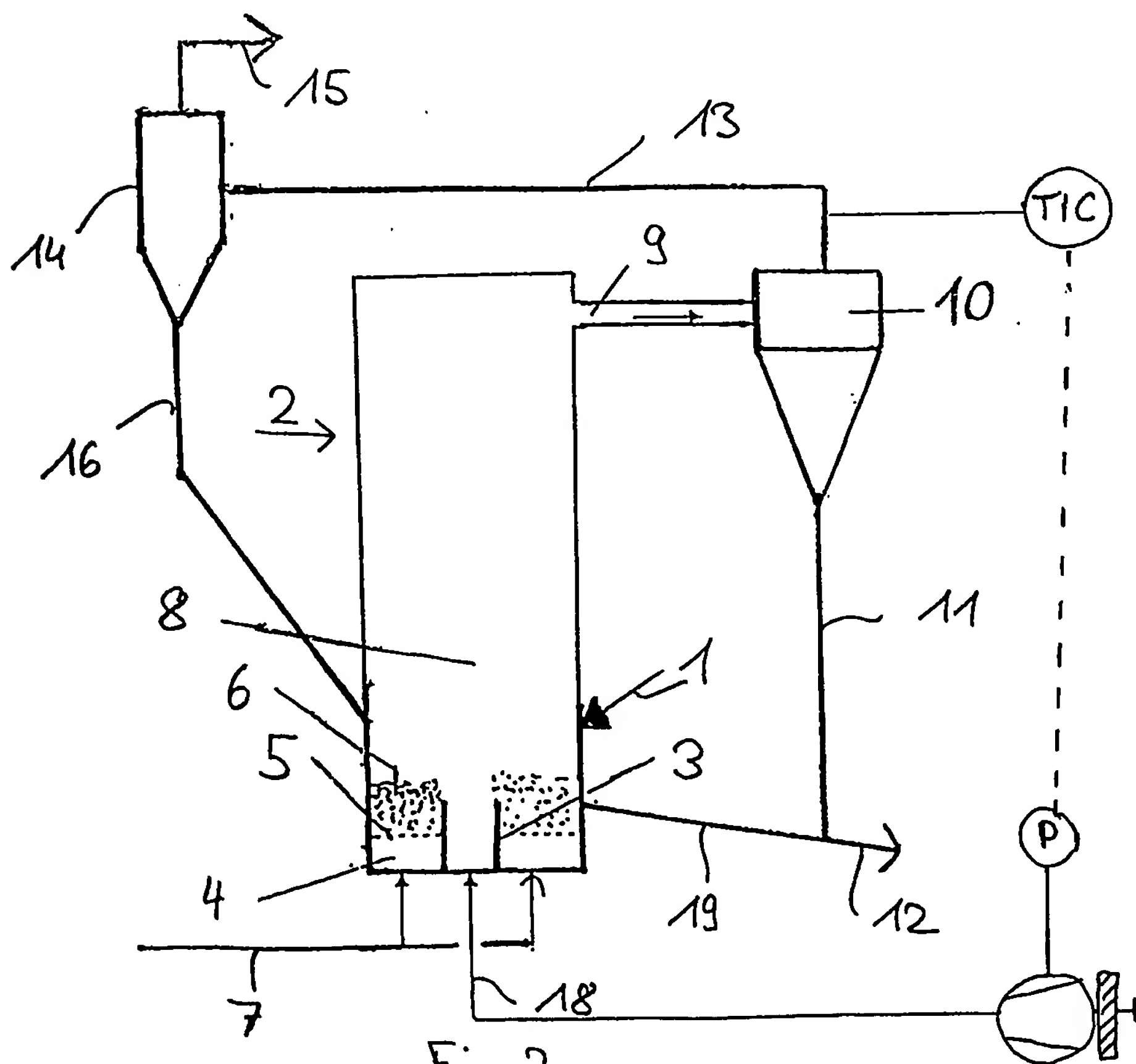


Fig. 2

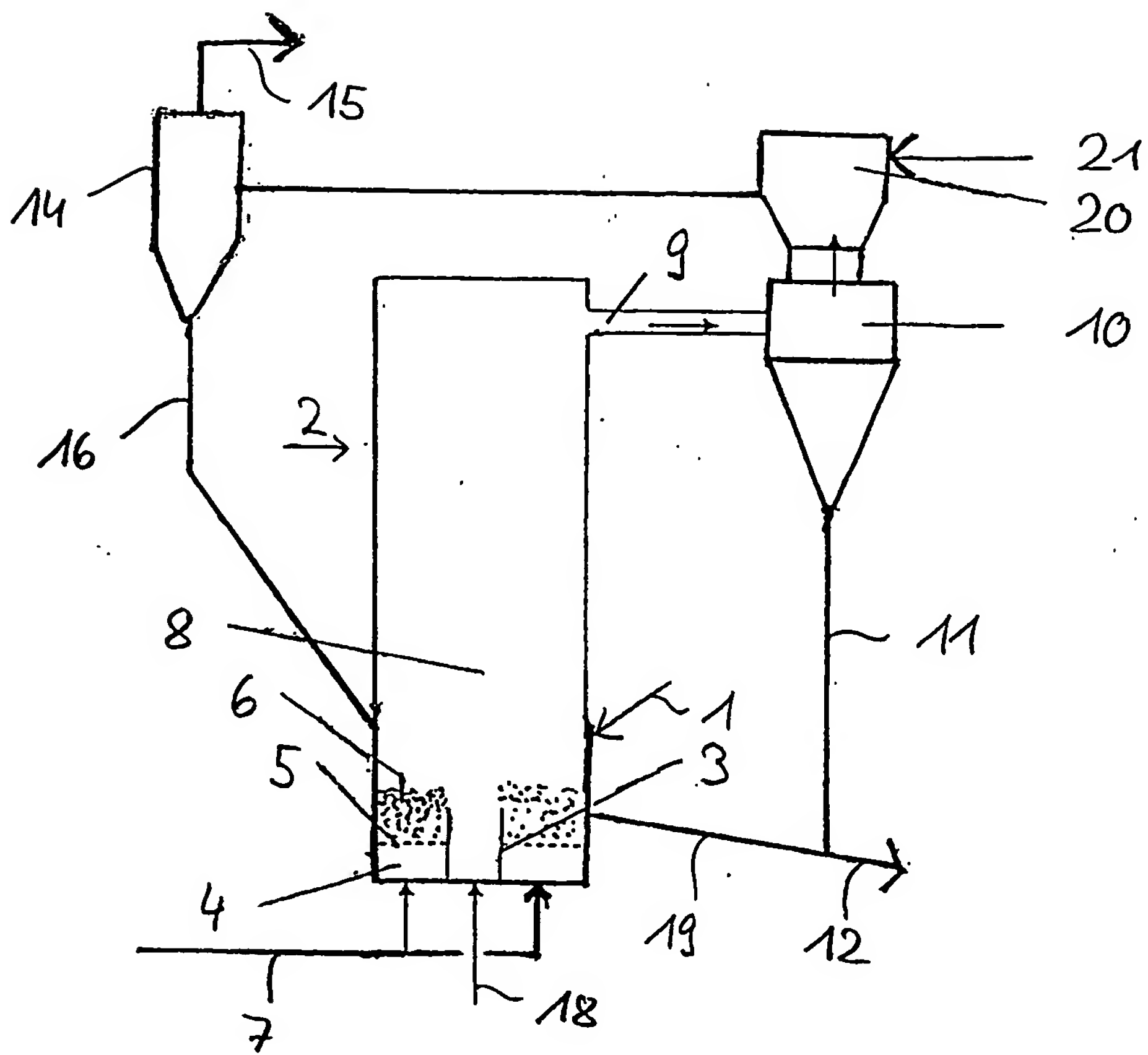



Fig. 3

Outokumpu Oyj
Riihitontuntie 7

02200 Espoo
Finnland

 Zusammenfassung:

Verfahren und Anlage zur Herstellung von Schwelkoks

 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zur Herstellung von Schwelkoks, bei dem körnige Kohle und ggf. weitere Feststoffe in einem Reaktor (2) mit Wirbelbett in Gegenwart eines sauerstoffhaltigen Gases auf eine Temperatur von 700 bis 1.050 °C erhitzt werden. Um die Energieausnutzung zu verbessern, wird vorgeschlagen, ein erstes Gas oder Gasgemisch von unten durch wenigstens ein Gaszufuhrrohr (3) in einen Wirbelmischkammerbereich (8) des Reaktors (2) einzuführen, wobei das Gaszufuhrrohr (3) wenigstens teilweise von einer durch Zufuhr von Fluidisierungsgas fluidisierten, stationären Ringwirbelschicht (6) umgeben wird. Die Gasgeschwindigkeiten des ersten Gases oder Gasgemisches sowie des Fluidisierungsgases für die Ringwirbelschicht (6) werden derart eingestellt, dass die Partikel-Froude-Zahlen in dem Gaszufuhrrohr (3) zwischen 1 und 100, in der Ringwirbelschicht (6) zwischen 0,02 und 2 sowie in der Wirbelmischkammer (8) zwischen 0,3 und 30 betragen. (Fig. 1)